

# Puntos de interés

Descripción breve y sencilla de iniciativas docentes en nuestros colegios e institutos que han de ser resaltadas, de investigaciones relevantes de autores españoles o de extranjeros en instituciones españolas, y de otros hechos interesantes sobre ciencia y enseñanza, políticas educativa y científica y sus actores<sup>1</sup>

## REDUCIENDO EL TIEMPO DE CÁLCULO DE MAPAS DE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

La contaminación lumínica es un campo de investigación con una fuerte dimensión interdisciplinar, en el que participan activamente físicas y físicos de distintas especialidades a nivel mundial. La contaminación lumínica se produce debido a la **presencia de partículas de luz de origen artificial en espacios y momentos en los que no deberían estar presentes de forma natural**, y sus efectos negativos a nivel medioambiental, científico, cultural y, potencialmente, de salud pública están siendo cada

**lógicas variables, para amplias regiones del territorio mundial.** El cálculo de estas distribuciones de luz requiere el uso de modelos de transferencia radiativa de distinto nivel de complejidad. Las emisiones de las fuentes artificiales de luz, que son parámetros de entrada esenciales para este tipo de modelos, pueden deducirse a partir de las imágenes proporcionadas por diversos instrumentos en órbita terrestre, como el radiómetro VIIRS-DNB del satélite Suomi-NPP o las imágenes nocturnas de la Tierra obtenidas en el programa Crew Earth Observations desarrollado por las tripulaciones de la Estación Espacial Internacional.

Las fuentes de luz artificial existentes en nuestras ciudades y pueblos pueden producir efectos medibles a centenares de kilómetros de distancia. Por ello, para calcular el brillo artificial del cielo nocturno en un lugar dado es necesario sumar las **contribuciones de las fuentes localizadas en amplias zonas del territorio circundante.** Estos cálculos, extendidos a todo el mundo y realizados por el procedimiento habitual de sumas sobre píxeles de imágenes de satélite, conllevan un **tiempo de computación muy elevado.** En un reciente artículo publicado en la revista *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* (DOI: 10.1016/j.jqsrt.2019.106658) Salvador Bará, de la Universidade de Santiago de Compostela, Fabio Falchi y Riccardo Furgoni, del ISTIL (Light Pollution Science and Technology Institute, Italia), y Raul C Lima, del CITEUC (Centre for Earth and Space Research, University of Coimbra, Portugal), han mostrado que **este tiempo de cálculo puede reducirse de manera muy significativa reformulando el problema en términos de convoluciones calculables mediante transformadas de Fourier.** De esta forma se abre la posibilidad de elaborar mapas mundiales de brillo artificial del

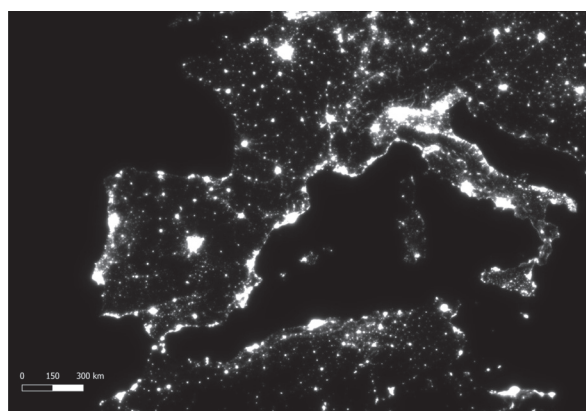
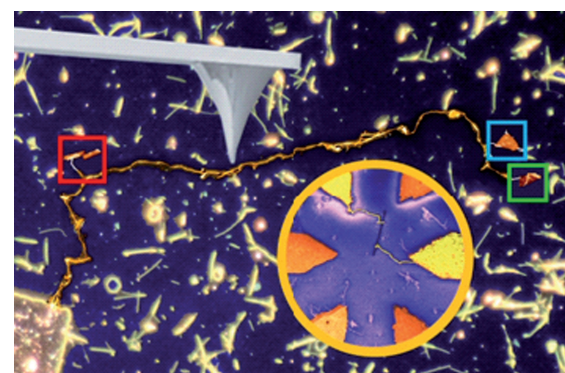


Ilustración por gentileza de Alberto García Gómez (albertogg.com).

cielo en tiempos razonables, incluyendo no solamente el brillo cenital como hasta ahora, sino el de todo el hemisferio celeste situado sobre el observador. La versión aceptada de esta publicación está disponible en acceso abierto en arXiv (<https://arxiv.org/abs/1907.02891>)

## NANOCIRCUITOS MEDIANTE MANIPULACIÓN DE NANOHILOS DE ORO

Investigadores de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) han desarrollado un **método nuevo que permite fabricar nanoelectrodos** para la caracterización de propiedades de transporte eléctrico en la nanoescala. **Utilizan un microscopio de fuerzas atómicas (AFM) para manipular nanohilos de oro** (aprox. 50 nm de diámetro y 5  $\mu$ m de longitud) **y unirlos mediante soldadura en frío, formando así nanoestructuras complejas altamente conductivas** (DOI:



vez mejor documentados en un creciente cuerpo de literatura científica, una selección que se puede encontrar en la Artificial Light at Night (ALAN) Research Literature Database (<http://alandb.darksky.org/index.php>) mantenida por la International Dark-Sky Association a partir del trabajo realizado por la red europea LoNNe (Loss of the Night Network).

Uno de los retos de este campo de investigación es la **predicción fiable de la cantidad de luz artificial esparcida por la atmósfera en condiciones meteorológicas**

que **este tiempo de cálculo puede reducirse de manera muy significativa reformulando el problema en términos de convoluciones calculables mediante transformadas de Fourier.** De esta forma se abre la posibilidad de elaborar mapas mundiales de brillo artificial del

<sup>1</sup> Sección preparada por Augusto Beléndez, en colaboración con actores implicados, que anima a proponer contribuciones relevantes para ser consideradas aquí.

10.1021/acs.nanolett.9b01972). Debido a la enorme relación superficie-volumen de los nanohilos, basta con empujar con la punta de un AFM un nanohilo contra otro para que se forme una soldadura excelente. Como comenta el Dr. Pablo Ares, **estas nanoestructuras, que son reconfigurables, permiten la conectividad y caracterización eléctrica de otros nanoobjetos de una forma limpia y sencilla**, ya que esta técnica no necesita del uso de polímeros ni productos químicos. Por lo tanto, este nuevo método, que han llamado **SPANC** (a partir de las siglas en inglés de **Scanning-Probe-Assisted Nanowire Circuitry**), puede complementar y/o ser una alternativa a otros métodos para fabricar nanocircuitos.

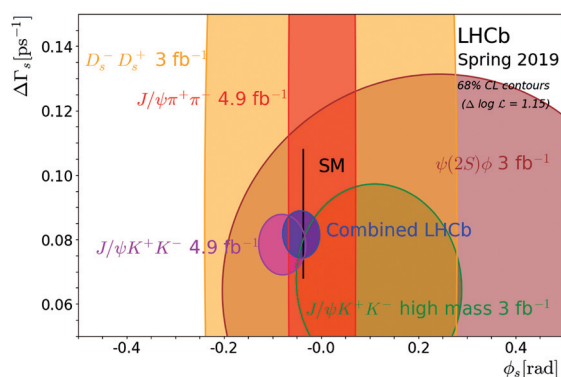
En el trabajo, los investigadores presentan algunos ejemplos que ilustran las capacidades del método, que incluye **la fabricación de dispositivos robustos para la caracterización eléctrica de varios nanoobjetos con tamaños de hasta ~10 nm**, muy por debajo del tamaño más pequeño de nanoobjeto que puede ser contactado en una configuración tipo dispositivo con la tecnología estándar disponible actualmente (~30 nm). Entre otros, se muestran **ejemplos de caracterización eléctrica de distintos materiales, como son grafeno, nanotubos de carbono o antimonio; distintas configuraciones de medida, como son un electrodo de nanohilos de oro (con una punta conductora de AFM como segundo electrodo móvil) y dispositivos más convencionales de 2 y 4 electrodos de nanohilos de oro; o su introducción en el campo de la electrónica molecular**, estudiando el transporte eléctrico en moléculas de benceno-1,4-ditioil.

Los resultados de este trabajo suponen **un avance significativo en la miniaturización de circuitos eléctricos mediante un procedimiento sencillo y versátil** que puede ser combinado con otras técnicas de fabricación. Debido a la actual omnipresencia de micro- y nanocircuitos tanto en la investigación fundamental como en la vida cotidiana, **esta técnica puede ser muy útil en muchos y muy variados ámbitos**.

## NUEVO RESULTADO DE LHCb EN LA BÚSQUEDA DE NUEVA FÍSICA

**E**l experimento LHCb, uno de los siete experimentos del Gran Colisionador de Hadrones (Large Hadron Collider, LHC) publicó recientemente en la revista *European Physics Journal C* (DOI:10.1140/epjc/s10052-019-7159-8) una nueva medida de la fase de violación CP  $\phi_s$  en la desintegración del mesón  $B_s^0$ . Esta medida es uno de los objetivos principales de LHCb y fue coordinada por la investigadora del Instituto Galego de Física de Altas Enerxías (IGFAE) y profesora de la Universidade de Santiago de Compostela (USC) Veronika Chobanova.

El mesón  $B_s^0$  es una partícula compuesta principalmente por dos quarks,  $b$ , *bottom*, y  $s$ , *strange*, que se transforma espontáneamente en su propia antipartícula para después volver a convertirse en un mesón  $B_s^0$ . Durante este proceso de oscilación se produce una asimetría en el comportamiento de algunos quarks inestables, denominada violación CP,



Resumen de todas las medidas de LHCb de la fase de violación CP  $\phi_s$  y de la diferencia de las anchuras de desintegración de los dos autoestados de masa del mesón  $B_s^0$ ,  $\Delta\Gamma_s$ , en  $B_s^0 \rightarrow J/\psi K^+ K^-$  y desintegraciones relacionadas. La elipse azul representa el valor combinado y el rectángulo negro las predicciones del Modelo Estándar (*Phys. Rev. D* 91 (2015) 073007 y *Rev. Mod. Phys.* 88 (2016) 045002).

que, según algunos estudios teóricos, podrían estar detrás de la gran asimetría entre materia y antimateria que se observa en el universo. La fase  $\phi_s$  es la medida de la violación CP en el proceso de desintegración del mesón  $B_s^0$  a tres otros mesones, un mesón  $J/\psi$  y dos kaones ( $B_s^0 \rightarrow J/\psi K^+ K^-$ ), analizado por LHCb.

“Estudiar las oscilaciones de mesón  $B_s^0$  también provee información sobre la posible existencia de nuevas partículas, como las supersimétricas, los boso-

nes  $Z'$ , o los LeptoQuarks”, explica el investigador del IGFAE y del programa Oportunus de la Xunta Diego Martínez Santos, quien también jugó un papel importante en este trabajo gracias a la *Starting Grant* del Consejo Europeo de Investigación (ERC) obtenida en 2015 por la que regresó a Galicia para formar su equipo. A éste se sumó Veronika en 2015 y Miriam Lucio Martínez, ahora investigadora postdoctoral en el National Institute for Subatomic Physics (NIKHEF), en los Países Bajos.

LHCb obtuvo el nuevo resultado de  $\phi_s$  usando datos grabados en 2015 y 2016 durante el segundo ciclo de funcionamiento (Run 2) del LHC en colisiones de protones de una energía de centro de masa de 13 TeV. El resultado en combinación con medidas anteriores de  $B_s^0 \rightarrow J/\psi K^+ K^-$  y otras desintegraciones parecidas,  $\phi_s = -0.041 \pm 0.025$  rad, es el más preciso del mundo, en un único experimento y es consistente con predicciones del Modelo Estándar.

De la medida de encargó un equipo internacional de 18 científicos. Además del IGFAE, sus miembros vienen de otras cinco instituciones europeas y dos chinas: NIKHEF, University of Edinburgh, Karl-Ruprecht-Universität Heidelberg, Instituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Tsinghua University y Central China Normal University.

## MÉTODO PARA MEDIR LA ELASTICIDAD DE LOS COMPONENTES DEL ADN

**U**na colaboración entre investigadores de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y la Universidad de Basilea (Suiza) ha permitido desarrollar un **nuevo método para determinar las propiedades mecánicas de moléculas de ADN en una superficie a temperaturas extremadamente bajas**. Los hallazgos, publicados en *Nature Communications* (DOI:10.1038/s41467-019-08531-4), muestran cómo combinar **medidas de espectroscopia de fuerzas y simulaciones numéricas** para entender los procesos de adsorción y desorción de una superficie, y determinar así la respuesta mecánica del ADN al nivel de bases individuales, con posibles aplicaciones en nanotecnología. En particular, un proceso llamado



ADN origami explota el plegado de hebras de ADN para crear moldes con los que sintetizar nano-estructuras en dos y tres dimensiones con aplicaciones como contenedores de productos farmacéuticos, conductores eléctricos y sensores.

Como señala el Prof. Rubén Pérez, miembro del equipo de investigación y catedrático del Departamento de Física de la Materia Condensada de la UAM, se hizo uso de una técnica llamada de “spray” para **depositar hebras de ADN con 20 nucleótidos del tipo citosina y una longitud de unos pocos nanómetros en una superficie de oro**. Asimismo, el Prof. Pérez señala que “trabajando a una temperatura muy baja, de 5 K, usamos la punta de un microscopio de fuerzas atómicas para levantar uno de los extre-

enlace de hebras de ADN sobre superficies: “Esta técnica nos da acceso a las propiedades de fricción y respuesta mecánica de los componentes del ADN, lo que resulta fundamental para determinar la viabilidad de posibles técnicas alternativas de secuenciación basadas en microscopía de fuerzas”, concluyen los autores.

## ¿TIENE SENTIDO CONSIDERAR OTROS UNIVERSOS?

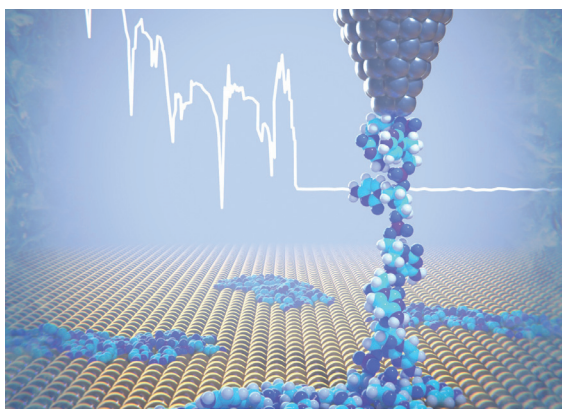
La idea de la existencia de otros universos es un tema apasionante que ha acaparado la atención de investigadores y curiosos desde tiempos inmemorables. En un artículo reciente publicado en la revista *Universe* (DOI: 10.3390/universe5100212), la Dra. Ana Alonso-Serrano, del Instituto Max Planck de Física Gravitacional (Instituto Albert Einstein, Golm, Alemania), y el Dr. Gil Jannes, de la Universidad Complutense de Madrid, han presentado una revisión histórica sobre este concepto, comúnmente denominado multiverso, para luego adentrarse en los **problemas conceptuales y filosóficos que plantean las teorías actuales de multiverso**.

Hoy en día no existe un acuerdo en el campo, ni sobre la existencia de otros universos ni siquiera sobre el interés de la consideración de estas entidades. Existe, por tanto, una clara división entre defensores y detractores del multiverso.

Como señala la Dra. Alonso-Serrano, el interés de este artículo recae en el análisis del **estado del paradigma actual de la cosmología desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia**, y por tanto de la necesidad (o no) de cambiar dicho paradigma. De la misma manera se puede ver el estado de las diferentes teorías del multiverso. Existen diferentes escenarios de multiverso, algunos derivados de teorías como cuerdas, inflación eterna, etc.: cada una de ellas propone una definición

y una fenomenología completamente diferentes, en algunos casos sin ninguna interacción posible entre los diferentes universos. Por ello, el análisis se centra en si las bases que postulan pueden dar lugar a una **teoría física**, es decir empírica. En este sentido, la Dra. Alonso-Serrano señala que **sería necesario algún efecto observable en nuestro universo como fruto de la interacción con otros**, o un marco general en el que poder definir nuestra cosmología. Como ejemplo más extremo de un universo no físico estaría el llamado multiverso tipo IV por Tegmark, que estaría compuesto por todas las estructuras matemáticas posibles, y por tanto con nuestra matemática no podríamos definir nada. En el extremo opuesto se encuentran los modelos de multiverso en los que existe un entrelazamiento cuántico o una conexión a través de agujeros de gusano entre los diferentes universos, dando lugar así a fenómenos observables o, al menos, a una modificación en nuestro universo.

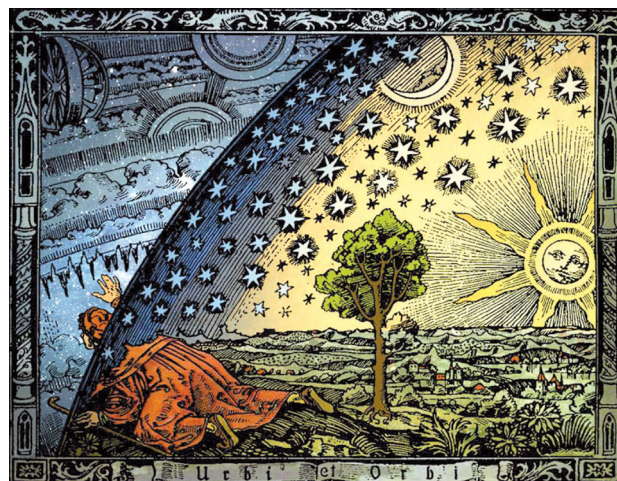
En cualquier caso, como los investigadores detallan en su artículo, **las teorías de multiverso se encuentran en un estado completamente embrionario**, y no parece que el paradigma cosmológico actual padezca del suficiente grado de cuestionamiento como para que sea necesario su cambio. Sin embargo, sí que adolece de ciertos problemas para los que, actualmente, no existe respuesta. Queda abierta la puerta de cara al futuro, y, como apunta la Dra. Alonso-Serrano, quizás seamos capaces de encontrar soluciones



mos de la hebra. Durante este proceso, cada una de los nucleótidos que forman la hebra se va despegando uno a uno de la superficie. De esta forma logramos determinar la elasticidad del fragmento y las fuerzas necesarias para despegar la molécula de ADN de la superficie de oro”.

Esta técnica muestra un **comportamiento inesperado**: cuanto más largo es el fragmento de ADN que se ha despegado, mayor es su elasticidad, y esto se explica considerando que los componentes individuales de la hebra de ADN se comportan como un conjunto de muelles conectados entre sí. Las simulaciones de ordenador, desarrolladas por los investigadores de la UAM, han ayudado a entender tanto la estructura del ADN después del proceso de adsorción como la razón por la que el ADN se despegue de forma discontinua de la superficie.

El estudio también confirma que la espectroscopia de fuerzas a baja temperatura nos **permite desvelar por primera vez la rigidez de uno solo nucleótido de ADN**, como también las propiedades de



simplemente completando nuestras teorías actuales, o **quizás algunas teorías de multiverso consigan desarrollarse de acuerdo a los requisitos necesarios para plantear un cambio de paradigma**.